

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Optimalizace výrobního procesu stabilizátorů a implementace štíhlé výroby
Optimization of the Production Process Stabilizers and Implementation of Lean
Production

Student:

Bc. David Chodura

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Chodura**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: **Optimalizace výrobního procesu stabilizátorů a implementace štihlé výroby**
Optimization of the Production Process Stabilizers and Implementation of Lean Production

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky štihlé výroby, základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska výroby, výrobního sortimentu.
3. Specifikace problémů.
4. Vlastní návrh řešení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založené na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8
LAMBERT D. M., STOCK J. R., ELLRAM L. M. *Logistika : příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Vyd. 2. Brno: CP Books, 2005. 589 s. ISBN 80-251-0504-0
KONEČNÝ, M. *Logistika v systému řízení podniku*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. 149 s. ISBN 80-248-0964-8
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

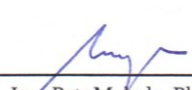
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**


Konzultant diplomové práce: Ing. Aleš Horák

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....14.5.2014.....

.....David Gádura.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 14.5.2014

David Chodura
.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: David Chodura

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nová 387, Brodek u Prostějova

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CHODURA, D. *Optimalizace výrobního procesu stabilizátorů a implementace štíhlé výroby: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 51 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Diplomová práce se zabývá implementací prvků štíhlé výroby a optimalizací procesu výroby stabilizátorů. Cílem je zmapování materiálového toku mezi jednotlivými zařízeními projektu X, navržení nového řešení a následná optimalizace procesů. V rámci navrženého řešení jsem provedl změnu layoutu haly, což vedlo k novému rozmístění zařízení a zmapoval nový materiálový tok. V případech, kde to bylo možné, jsem implementoval pojízdné skluzy namísto kovových ohradových palet, čímž se zabránil zbytečné manipulaci. Výsledkem je řešení, které zajistí kontinuální materiálový tok mezi zařízeními a zabránil předešlému skladování materiálu v kovových ohradových paletách ve skladu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

CHODURA, D. *Optimization of the Production Process and Implementation of Lean Production: Master Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 51 p. Thesis head: Schindlerová, V.

My thesis deals with the implementation of lean production elements and optimization of the stabilizers production process. The aim is to analyze the material flow between X98 project individual devices, proposing a new solution and subsequent optimization processes. As part of the proposed solution, I made a change in the hall layout that led to the new equipment deployment and charted a new material flow. In cases where it was possible, I have implemented mobile slides instead of metal box pallets, through which we avoid useless manipulation. The result is a solution that ensures continuous material flow between devices and prevents previous material storage in metal box pallets in the warehouse.

Obsah diplomové práce

Seznam použitého značení	8
1. Úvod	9
2. Teoretický úvod do problematiky.....	10
2.1 Štíhlost a štíhlý podnik	10
2.2 Management hodnotového toku.....	11
2.3 Plynulost hodnotového toku	12
2.4 Systém tahu.....	13
2.5 Kontinuální zlepšování	14
2.6 Optimalizace pracoviště.....	15
2.7 Optimalizace výrobní linky	16
3. Analýza současného stavu	17
3.1 Základní údaje o společnosti.....	17
3.2 Popis a funkce stabilizátoru	20
3.3 Výroba stabilizátorů.....	22
3.4 Aktuální stav výroby.....	23
3.4.1 Aktuální layout	23
3.4.2 Výrobní postup projektu X.....	24
3.4.3 Rozmístění pracovišť.....	24
3.4.4 Materiálový tok mezi zařízeními.....	25
3.5 Analýza stavu výroby	25
3.5.1 Zpracování dat z výroby	25
4. Specifikace problému	28
4.1 Identifikace dlouhého materiálového toku mezi zařízeními.....	28
4.2 Implementace skluzů namísto kovových ohradových palet	28
5. Návrh řešení.....	29
5.1 Nový layout.....	29
5.2 Návrh řešení.....	30
5.2.1 Doba manipulace mezi zařízeními	31
5.2.2 Optimalizace rytmu jednotlivých zařízení.....	31
5.2.3 Implementace skluzů namísto kovových ohradových palet.....	31

6.	Zhodnocení navrženého řešení	42
6.1	Nový layout.....	42
6.2	Doba manipulace mezi zařízeními.....	42
6.3	Optimalizace rytmu.....	43
6.4	Implementace skluzů	43
7.	Závěr.....	46
8.	Seznam použité literatury	47
9.	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	49
9.1	Obrázky.....	49
9.2	Tabulky	49
9.3	Grafy	50
10.	Seznam příloh	51

Seznam použitého značení

Seznam použitých indexů

Značka	Jednotka	Veličina
K_r	[1]	koeficient rozpětí časové řady
\bar{X}	[s]	průměrná hodnota časové řady
X_i	[s]	naměřená hodnota
X_{\max}	[s]	maximální hodnota časové řady
X_{\min}	[s]	minimální hodnota časové řady
e_v	[%]	výběrová chyba průměru
n	[1]	počet měření
s	[s]	směrodatná odchylka
v	[%]	variační koeficient

Seznam použitých zkratk odborných termínů

Zkratka	Znění zkratky	Význam
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitskuke	souhrn pěti základních kroků, které vedou k odstranění plýtvání na pracovišti
CEZ	Celková efektivita zařízení	udává využití strojů a zařízení
GEFF	Gesamtanlageneffizienz	udává využití strojů a zařízení
OEE	Overall Equipment Effectiveness	udává využití strojů a zařízení
REFA	Reichsausschuß für Arbeitsstudien	oddělení ve společnosti Mubea zabývajícími se veškerými číselnými hodnotami
SMED	Single Minute Exchange of Dies	výměna nástroje během jedné minuty
TPM	Total Productive Maintenance	management produktivity výrobních zařízení je souhrn činností, které uvedou strojní park do optimálních podmínek, a to včetně nastaveného systému udržování
VSM	Value Stream Mapping	mapování hodnotového toku

1. Úvod

Automobily tvoří nedílnou součást našeho života a mnozí z nás by si bez nich již nedokázali představit svůj život. Největším průkopníkem automobilového průmyslu byl bezesporu americký podnikatel Henry Ford, který zavedl tzv. pásovou výrobu. Tu mimo jiné navrhli sami zaměstnanci Ford Motor Company a nechali se inspirovat pásovým zařízením na jatkách.

Henry Ford se chtěl přizpůsobit normálním lidem, ale především chtěl vyrobit kvalitní a levné auto pro každého, což se povedlo u modelu T. Během velmi krátké doby ovládl trh s automobily a vydělal několik milionů dolarů. Henry Ford zkrátka přišel s novým pohledem na marketing a management.

V dnešní době jsou na automobily kladené velmi vysoké nároky. Je dbáno především na bezpečnost a pohodlí cestujících, ekologii a podobně. Doprava je stále nákladnější z důvodu neustálého zdražování ropy, což se negativně odráží na cenách všech produktů. Automobilové závody se proto snaží, co nejvíce snižovat hmotnost automobilu. S tímto je úzce spojená i úspora paliva a objem vyprodukovaných škodlivých emisí. V této fázi přichází na řadu subdodavatelé, kteří se díky nejmodernějším metodám snaží vyrobit konstrukčně lehké a zároveň bezpečné produkty.

Mezi dodavatelské společnosti patří i společnost Mubea, která se zabývá výrobou celé řady produktů pro automobilové závody po celém světě. Přispívá také ke snižování hmotnosti jednotlivých komponentů a tím nejen snižuje spotřebu paliva, ale také chrání přírodní zdroje i životní prostředí.

Jednou z oblastí je i výroba stabilizátorů, kterou se v této diplomové práci budu zabývat. Hlavním cílem je implementace prvků štihlé výroby a optimalizace jednotlivých pracovišť v rámci projektu X, který nesplňuje dané požadavky společnosti. Navržené řešení by mělo zajistit kontinuální tok materiálu, a pokud možno bez skladových zásob.

Implementace prvků štihlé výroby a optimalizace jako taková, přispívají k lepší organizaci výroby, což vede ke zvýšení konkurenceschopnosti podniku v tržním prostředí. Aby se dosáhlo požadovaného účinku, je nutné navrhnout taková opatření, která budou co nejlépe aplikovatelná ve výrobním systému.

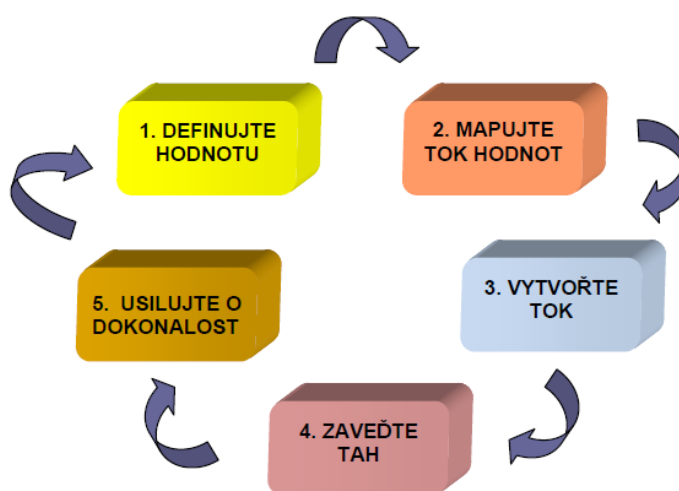
2. Teoretický úvod do problematiky

2.1 Štíhlost a štíhlý podnik

Štíhlost podniku znamená vyrábět přesně jen to, co požaduje zákazník, rychleji než ostatní a s tak nízkými náklady, jak je to možné. Štíhlost spočívá také v tom, že se vyrábí v co nejkratších průběžných časech, bezporuchově, rytmicky a s minimálním počtem zásob. [1]

Štíhlá výroba je tedy soubor nástrojů a principů, kterými se soustředíme na výrobu, výrobní pracoviště, linky, strojní zařízení, výrobní pracovníky. Cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu. [7]

Profesor James P. Womack z Massachusetts Institute of Technology, propagátor štíhlých procesů a štíhlého myšlení definuje štíhlou výrobu, jako proces o pěti krocích. [2]



Obr. 1 Principy štíhlosti [3]

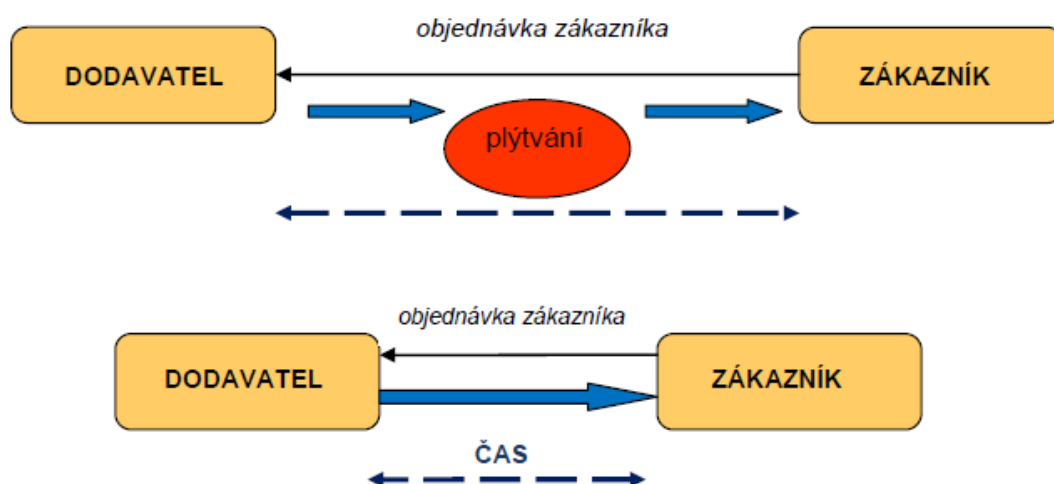
Ne vždy se dá těchto kroků dosáhnout. Zavádění štíhlé výroby vyžaduje zvláštní způsob myšlení a při jejím úspěšném aplikování, za to firmy vděčí převážně svým lidem. V této souvislosti je uváděn výrok zakladatele a tvůrce výrobního systému Toyoty Taiichi Ohno:

„Lidé nechodí do Toyoty pracovat, oni tam chodí přemýšlet.“ [4]

Štíhlé myšlení musí být součástí podnikové kultury a nejedná se v žádném případě o snadný proces. Firmy často podceňují rozvoj svých zaměstnanců a případná neznalost výroby a trhu je základem neúspěchu. [4]

Taiichi Ohno definoval, jak Toyota chápe koncept štíhlé výroby:

„Jediné, co děláme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v němž inkasujeme peníze. A tento čas zkracujeme, když odstraňujeme plýtvání.“ [4]



Obr. 2 Zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem a eliminace plýtvání [4]

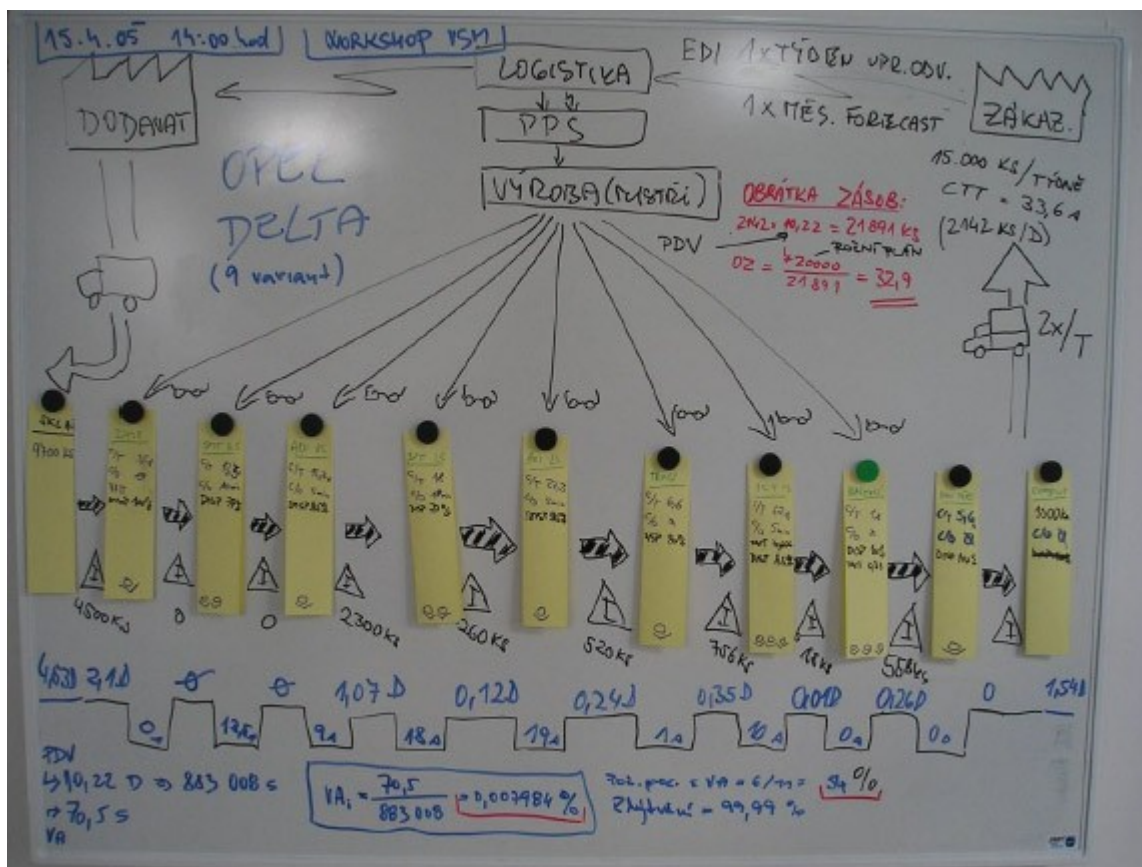
2.2 Management hodnotového toku

Hodnotový tok tvoří souhrn všech procesů v podniku, které umožňují přeměnu materiálu na výrobek a slouží jako účinný nástroj při zeštíhlování podniku.

Do hodnotového toku patří činnosti:

- přidávající hodnotu,
- nepřidávající hodnotu.

Mapování hodnotového toku umožňuje jednoduše popsat materiálové a informační toky v podniku. Výsledkem je grafické zobrazení současného stavu procesu s cílem navrhnout stav budoucí. Použití je vhodné při analýze výrobních procesů, při navrhování nových výrobních procesů, u výrobku, u kterého se plánují změny, u výrobku, u kterého se výroba bude zavádět, při analýze nevýrobních procesů a podobně. [5]

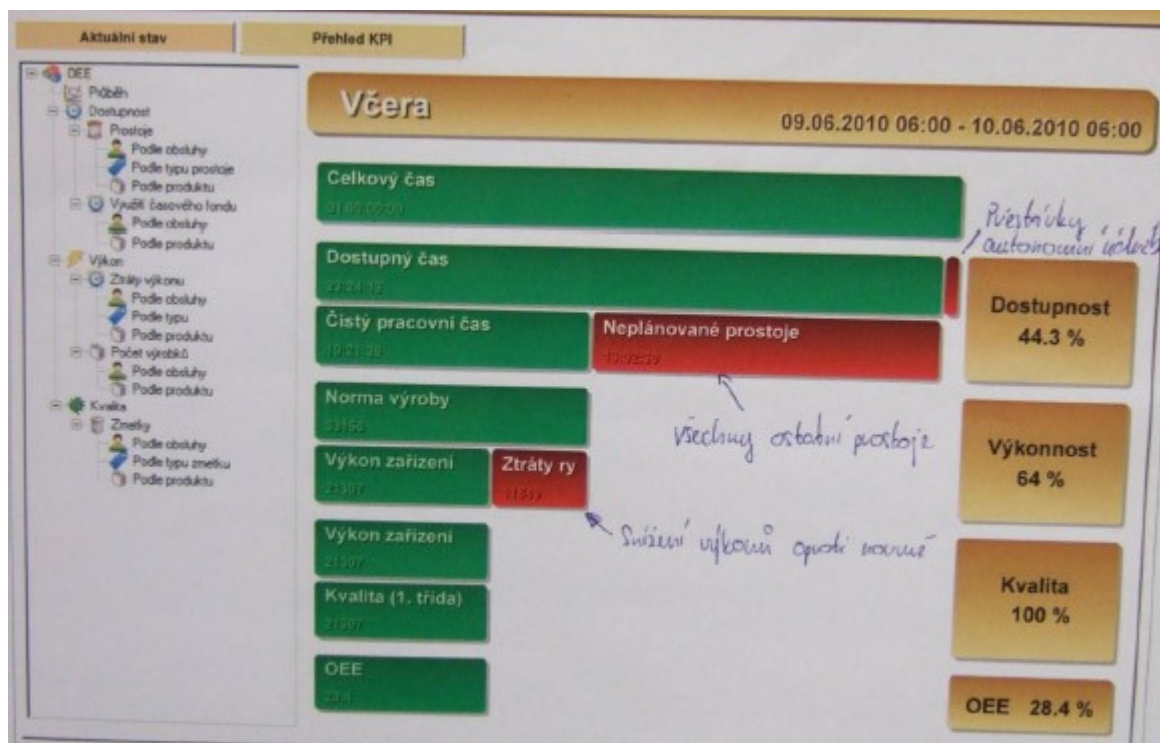


Obr. 3 Ukázka mapy současného stavu [6]

2.3 Plynulost hodnotového toku

Základním předpokladem pro implementaci štíhlé výroby je vytvoření nepřetržitého toku ve výrobním procesu. Tok znamená, že v okamžiku, kdy zákazník předá objednávku, je spuštěn proces zajišťování vstupů nutných k uspokojení objednávky zákazníka. Celý proces by měl trvat řádově několik hodin maximálně dnů, v žádném případě ne několik týdnů či měsíců. Základním předpokladem je správná synchronizace toků a výroba jen toho, co chce zákazník, v požadovaném množství, čase a kvalitě. [2]

Pro zajištění plynulých toků je nutné odstranění plýtvání. Štíhlá výroba obsahuje soubor metod, jejichž použití vede ve výrobním procesu k jeho eliminaci. Jde o metody, jejichž použití umožňuje vybudovat štíhlé pracoviště (5S, vizuální řízení a standardizovaná práce) a také štíhlé zařízení (TPM, SMED, poka-yoke, andon, jidoka). Každá z těchto metod je určena na jeden nebo více typických zdrojů plýtvání.



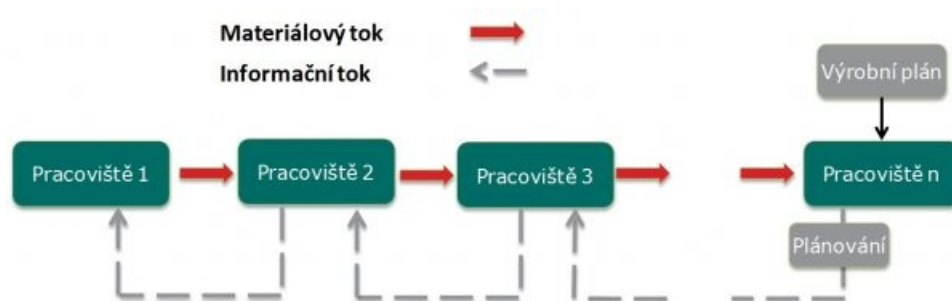
Obr. 4 Celková efektivnost zařízení jakou součást vizuálního řízení [2]

2.4 Systém tahu

Předpokladem je, že výroba vychází vstříc zákazníkovi. Hlavním cílem je vytvoření nových systémů, které budou schopny reagovat na změny v poptávce při nízkých výrobních nákladech a minimalizaci skladových zásob výrobků, polotovarů nebo surovin. Důležitou součástí je i prostorové uspořádání výroby a vytvoření štíhlého layoutu. [8]



Obr. 5 Tlakový systém řízení výroby [9]



Obr. 6 Tahový systém řízení výroby [10]

Tahové systémy řízení – výhody:

- okamžité přizpůsobení se přání zákazníka,
- minimální vázanost peněžních prostředků v zásobách,
- zjednodušené řízení na základě decentralizace,
- zlepšení kvality,
- snížení poruch zařízení. [8]

Tahové systémy řízení – nevýhody:

- změna myšlení,
- náklady na analýzu a realizaci změn řídicího a řízeného systému (změna layoutu, motivace a řídicích metod),
- neustálé zlepšování použitých metod. [8]

2.5 Kontinuální zlepšování

Kaizen je proces neustálého kontinuálního zlepšování kvality výrobků, procesů a služeb, řešení časové a věcné vazby pohybu materiálu a hotových výrobků. Cílem je odstranění nadbytečné zásoby a uplatnění harmonického průběhu podnikatelských aktivit s orientací na zákazníka. Podstata filozofie KAIZEN znamená základ tajemství zázračného japonského úspěchu.

KAIZEN = KAI (změna) + ZEN (lépe) = trvalé zlepšování

Hlavní cíle KAIZEN:

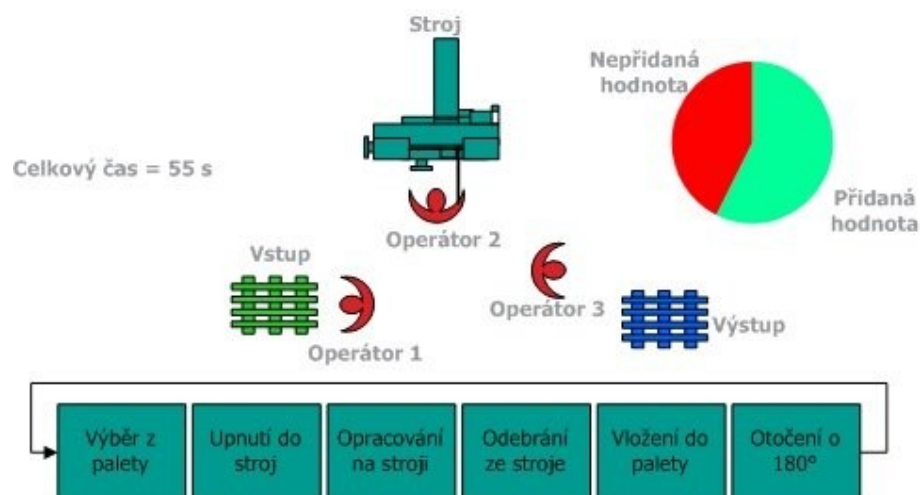
- úspora nákladů, času, materiálu a zaměstnanců při současném stavu,
- zvyšování kvality, spolehlivosti procesů a produktivity práce,
- vysoká motivace všech zaměstnanců.

2.6 Optimalizace pracoviště

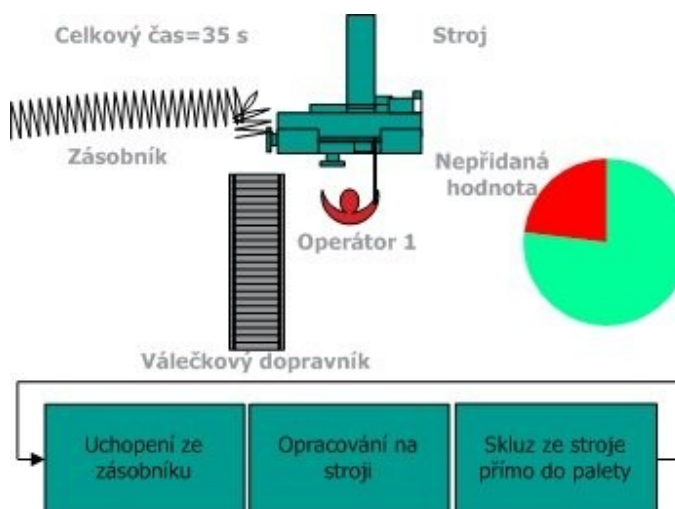
„Optimalizace pracoviště znamená zlepšení podmínek na pracovišti a odstranění veškerého plýtvání a nedostatků.“ [11]

Pro optimalizaci pracoviště bychom se měli zaměřit na:

- zrychlení výrobního času,
- zavedení prvků ergonomie,
- snížení nákladů odstraněním plýtvání,
- zvýšení autonomnosti a možnosti více-strojové obsluhy,
- lepší kvalitu a standardizaci postupů. [11]



Obr. 7 Schéma pracoviště před optimalizací [12]



Obr. 8 Schéma pracoviště po optimalizaci [13]

2.7 Optimalizace výrobní linky

Co je optimalizace výrobní linky?

„Je to systematický proces vedoucí ke zvýšení výkonu linky, zvýšení kvality vyráběného produktu, úspoře plochy a zlepšení pracovního prostředí a podmínek při práci.“ [14]

Postup při optimalizaci výrobní linky

Optimalizaci výrobní linky můžeme chápat jako projekt, který lze rozdělit do pěti základních kategorií (Obr. 9). [14]



Obr. 9 Fáze optimalizace linky [15]

3. Analýza současného stavu

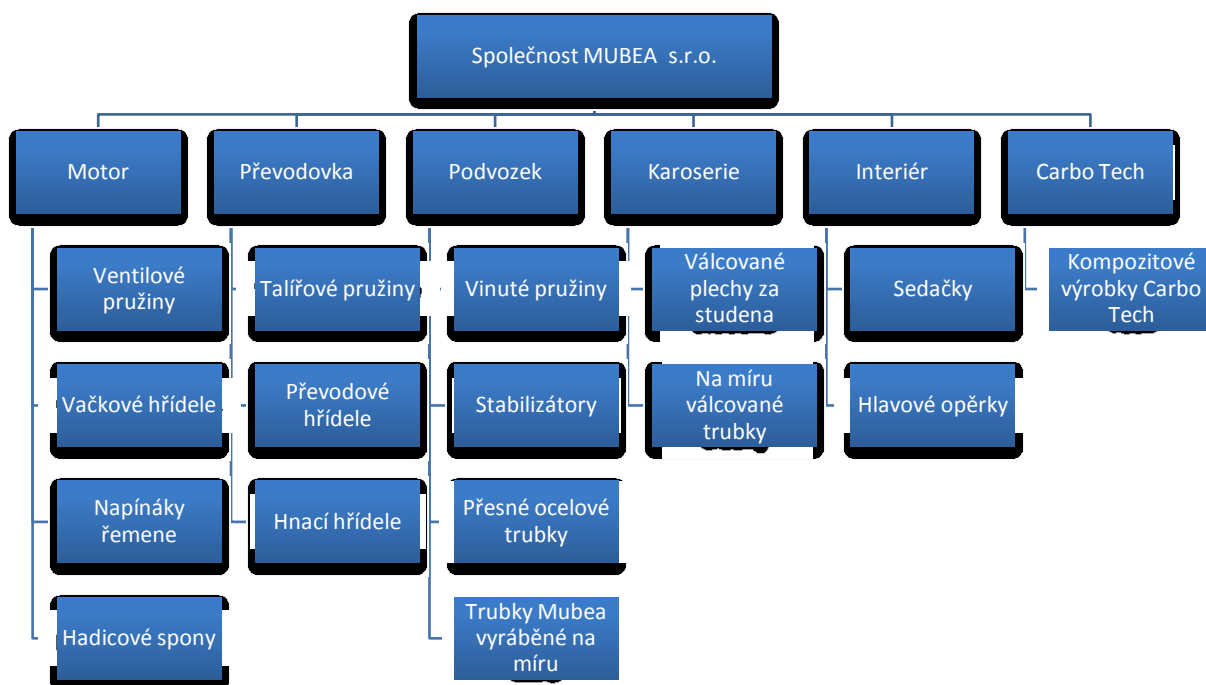
3.1 Základní údaje o společnosti

Společnost Mubea je nadnárodní společností s hlavním sídlem v Německu ve městě Attendorn. Na trhu se pohybuje již od roku 1916 a její prvotní výroba se orientovala na výrobu pružin. V současné době firma zaměstnává přibližně 9500 zaměstnanců v několika zemích po celém světě. Její pobočky můžeme najít například v Německu, České republice, Rakousku, Švýcarsku, Itálii, Velké Británii, Francii, Španělsku, dále v Mexiku, Brazílii, USA, Číně, Japonsku, Indii a podobně.



Obr. 10 Světové zastoupení společnosti Mubea s.r.o. [18]

Mubea se zabývá převážně výrobou komponentů pro automobilový průmysl, kde díky použití nových metod zpracování, nových materiálů a zajímavých inovativních řešení pro výrobu vozidel zaujímá stabilní místo na trhu. Vyrábí součásti motorů, převodovek, podvozku, karosérie, interiéru. Portfolio produktů je různorodé. (Obr. 11).



Obr. 11 Portfolio výrobků společnosti Mubea s.r.o. [18]

Společnost Mubea dodává své výrobky (Příloha A) pro všechny výrobce automobilů po celém světě.



Obr. 12 Významní zákazníci [18]

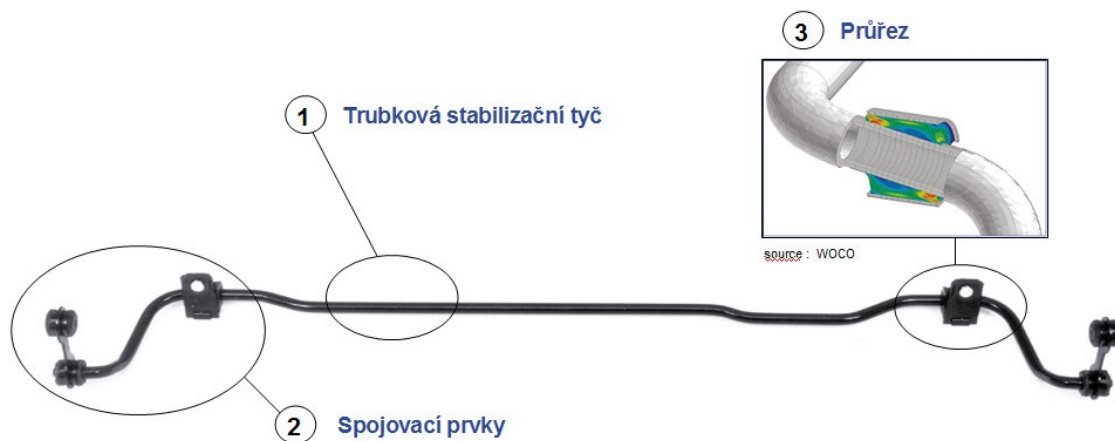
Přítomnost na trhu a úspěch

Hlavní filozofií a cílem společnosti je snížení hmotnosti jednotlivých komponentů a tím i celé konstrukce automobilů, a to z důvodu ochrany životního prostředí. Při snížení hmotnosti automobilu o 10 kg je možná úspora až 1 g CO₂ na jeden kilometr. Navzdory snižování hmotnosti automobilu splňují současně produkty i samotné procesy nejvyšší standardy.

3.2 Popis a funkce stabilizátoru

Účel

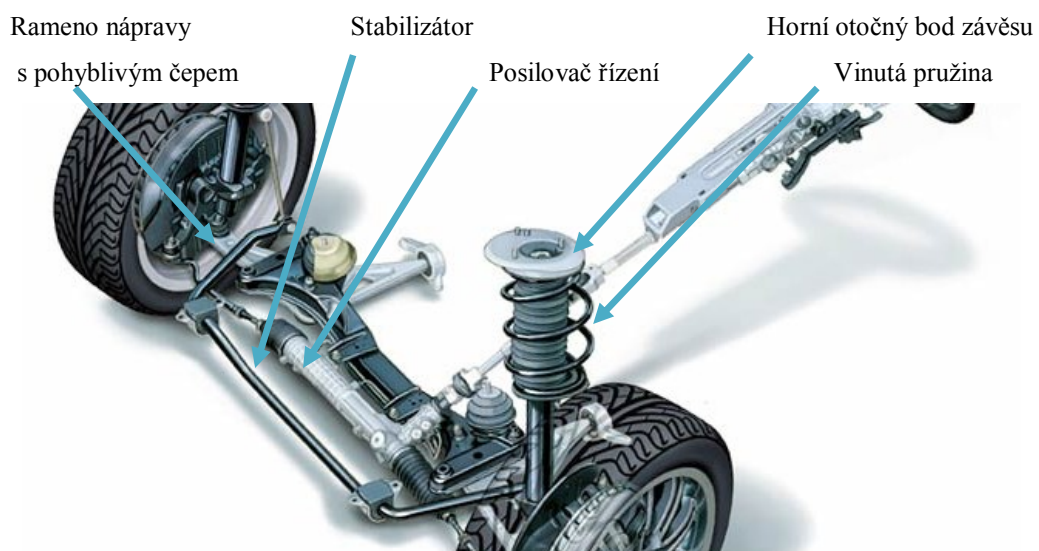
- účelem stabilizátoru je zmenšení naklonění karoserie odstředivou silou zejména při průjezdu vozidla zatáčkou.



Obr. 13 Jednotlivé prvky stabilizátoru [18]

Umístění na vozidle

- stabilizátor je umístěn napříč vozidla a je společný pro obě kola stejné nápravy.

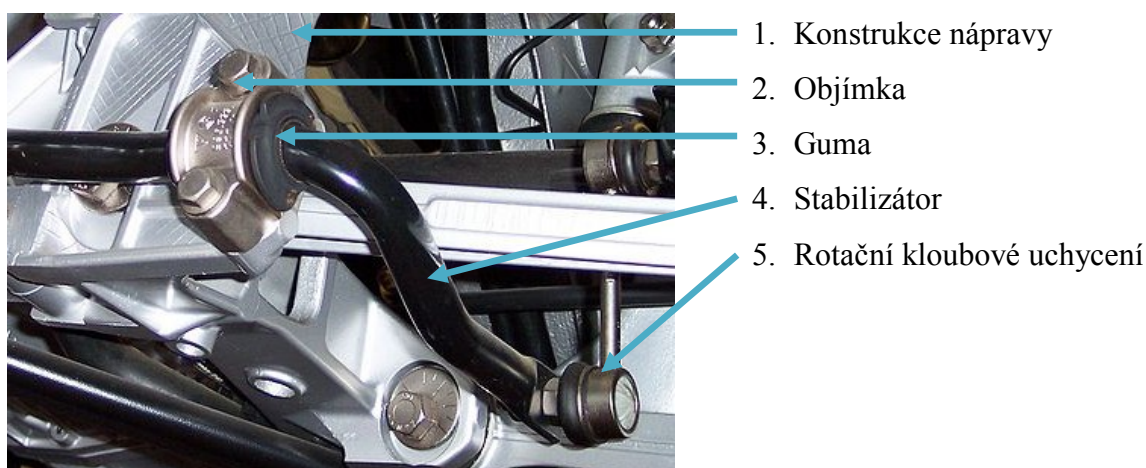


Obr. 14 Přední náprava BMW M3 Coupe [16]

Konstrukce

Standardní provedení stabilizátoru bývá označeno jako „U“. Zkrutná tyč, která tvoří stabilizátor, je ve dvou místech upevněna otočně na rám vozidla (např. objímka nasazená na gumu). Pomocí tohoto otočného uložení přispívá stabilizátor k tlumení vertikálních sil působících na nápravu. Konce jsou pevně spojené s pravým a levým kolem téže nápravy tak, aby maximálně eliminovala jeho vychýlení. Podle typu vozidla a druhu podvozku, pro jaký je vozidlo určeno, může být stabilizátor použit na:

- přední nápravě,
- zadní nápravě,
- obou nápravách.



Obr. 15 Namontovaný stabilizátor [17]

Činnost stabilizátoru

- pokud obě kola stejné nápravy najíždí na stejně vysokou nerovnost, pak se zkrutná tyč pouze pootočí v pryžových pouzdrech, aniž by se zkrucovala,
- pokud jen jedno kolo najíždí na překážku, zkrutná tyč se pohybuje směrem k vozidlu a rameno stabilizátoru se natáčí nahoru. Tento pohyb zkrutná tyč přenáší i na druhé rameno, následně stlačuje pružinu a zmenší se naklonění karoserie,
- při průjezdu zatáčkou se vnitřní pružiny stlačují méně než vnější. Na vnitřní straně vozidla se rameno zkrucuje směrem nahoru a svou tuhostí působí proti pružině (dochází k jejímu stlačení). Rameno na opačné straně se zkrucuje také nahoru a působí proti stlačující se pružině, čímž se dosáhne redukce naklonění karoserie.

3.3 Výroba stabilizátorů

Stabilizátor je na první pohled geometricky složitý produkt. V některých případech je tvarován do všech os souřadnicového systému. Je tedy nutné zabezpečit požadovanou tvarovou a rozměrovou přesnost, důležitou k přesné montáži stabilizátoru k rámu automobilu. Jeho tvar je přizpůsobený stavbě podvozku a rozmístění jednotlivých nápravových elementů.



Obr. 16 Různé provedení stabilizátorů [18]

Při výrobě stabilizátorů se využívá dvou typů polotovarů a to plných a trubkových. Volba polotovaru závisí na požadavku zákazníka a volí se s ohledem na druh vozidla, na kterém bude produkt namontován.



Obr. 17 Řez trubkovým stabilizátorem [18]

Podrobný popis výroby stabilizátorů je uveden v technické zprávě [19], protože podléhá duševnímu vlastnictví firmy.

3.4.2 Výrobní postup projektu X

Na přání společnosti se budu zabývat projektem X, který je nejužším místem výroby a nesplňuje určené požadavky. Cílem je zmapování materiálového toku mezi jednotlivými pracovišti a skladem a optimalizovat tyto procesy tak, aby byl zajištěn pokud možno kontinuální materiálový tok.

3.4.3 Rozmístění pracovišť

Na obrázku (Obr. 19) se nachází rozmístění jednotlivých pracovišť projektu X ve výrobní hale.



- | | |
|---------------|----------------|
| 1. Zařízení A | 5. Zařízení E |
| 2. Zařízení B | 6. Zařízení F |
| 3. Zařízení C | 7. Zařízení G |
| 4. Zařízení D | 8. Zařízení CH |

Obr. 19 Současné umístění pracovišť projektu X ve výrobní hale

3.4.4 Materiálový tok mezi zařízeními

V příloze (Příloha CH) naleznete současný materiálový tok mezi jednotlivými zařízeními, který trvá celkem 895,20 sekund. Tyto hodnoty jsou pořízeny ze zařízení Drigus (Příloha E) a umožňuje zaznamenávání různorodých časových studií. Jedná se o trasy toku materiálu od zařízení do skladu a poté k dalšímu zařízení nebo od zařízení k zařízení. Po celodenním zmapování jsem určil, že se tato manipulace denně uskuteční celkem 10 krát. Výrobky se přemisťují v kovových ohradových paletách za pomoci motorového vysokozdvižného vozíku (Příloha F). Náklady za tuto manipulaci činí celkově 2 803,72 Kč. Podrobnější informace jsou uvedeny v technické zprávě. [19]

3.5 Analýza stavu výroby

3.5.1 Zpracování dat z výroby

K dispozici mi byly poskytnuty záznamy výroby z roku 2013 pro zařízení A a zařízení B. Z těchto údajů jsem vytvořil tabulky s hodnotou GEFF za jednotlivé měsíce a cílový GEFF.

OEE (**O**verall **E**quipment **E**ffectiveness) v anglickém znění

GEFF (**G**esamtanlagen**e**ffizienz) v německém znění

CEZ (**C**elková **e**fektivnost **z**ařízení) v českém znění

CEZ je označení parametru pro správné využívání strojního zařízení. Tento parametr ukazuje nejen to, jak dobře je v konkrétním podniku strojní zařízení využíváno z hlediska provozních a ztrátových časů, ale také jak dosahovat potřebného kapacitního výkonu, a to i z hlediska kvality výroby.

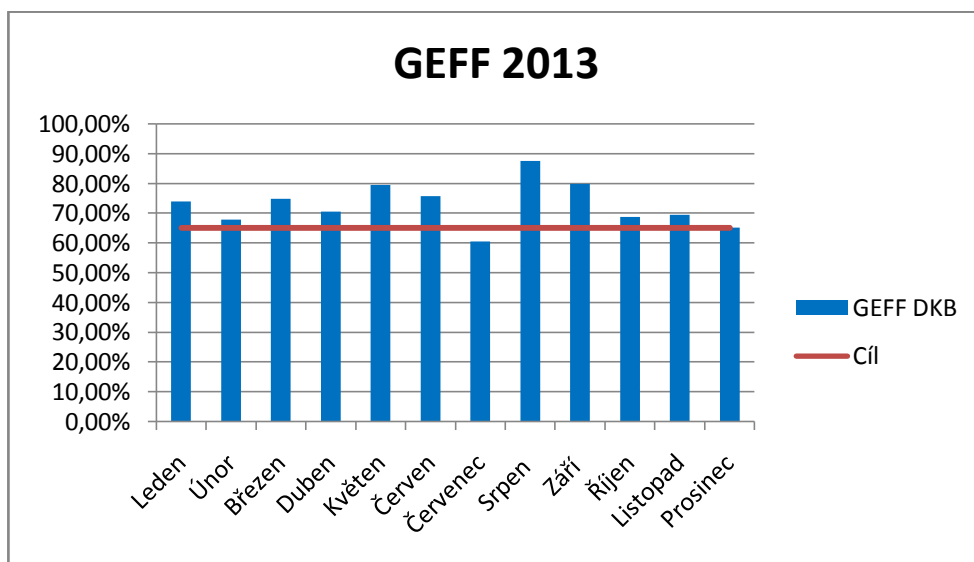
$$\text{CEZ} = \text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}$$

GEFF zařízení A

Z interních podkladů společnosti jsem vyhotovil tabulku (Tab. 1), která obsahuje hodnotu GEFF a cílový GEFF za jednotlivé měsíce pro rok 2013. Průměrný GEFF je 72,73 % a cílový GEFF 65 %. Je patrné, že dosažený GEFF za rok 2013 splňuje stanovený cíl. V jednom jediném případě, a to za měsíc červenec hodnota GEFF nedosáhla stanoveného cíle a to z důvodu velké údržby zařízení. V červenci mají automobilové závody dvoutýdenní odstávku, tudíž nejsou tak velké zakázky jako v ostatních měsících. Z tohoto důvodu se ve volném čase provádí údržba a ostatní činnosti spojené se zařízením.

Tab. 1 GEFF za rok 2013

Měsíc	GEFF	Cílový GEFF
Leden	73,91 %	65 %
Únor	67,78 %	65 %
Březen	74,81 %	65 %
Duben	70,43 %	65 %
Květen	79,40 %	65 %
Červen	75,69 %	65 %
Červenec	60,32 %	65 %
Srpen	87,40 %	65 %
Září	79,74 %	65 %
Říjen	68,71 %	65 %
Listopad	69,42 %	65 %
Prosinec	65,10 %	65 %
Průměr	72,73 %	65 %



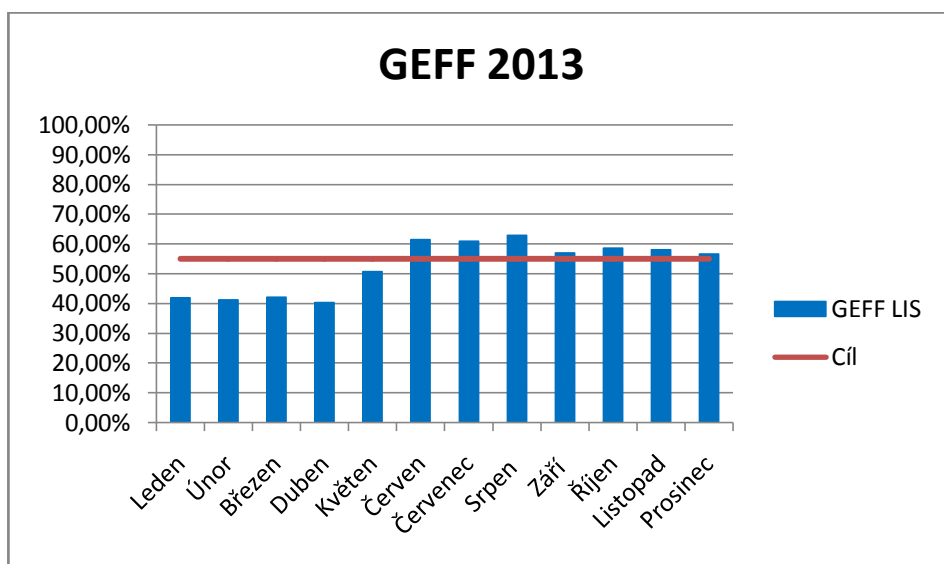
Graf 1 GEFF a cílový GEFF pro rok 2013

GEFF zařízení B

Z interních podkladů společnosti jsem vyhotovil tabulku (Tab. 2), která obsahuje hodnotu GEFF a cílový GEFF za jednotlivé měsíce pro rok 2013. Průměrný GEFF je 52,63 % a cílový GEFF 55 %. Je patrné, že dosažený GEFF za rok 2013 nesplňuje stanovený cíl. Za prvních pět měsíců roku nedosáhl GEFF stanoveného cíle, a to z důvodu velké údržby zařízení, častých poruch a vysoké manipulace. V dalších měsících se situace výrazně zlepšila a hodnota GEFF dosahovala stanoveného cíle.

Tab. 2 GEFF za rok 2013

Měsíc	GEFF	Cílový GEFF
Leden	41,94 %	55 %
Únor	41,12 %	55 %
Březen	42,10 %	55 %
Duben	40,24 %	55 %
Květen	50,72 %	55 %
Červen	61,37 %	55 %
Červenec	60,99 %	55 %
Srpen	62,96 %	55 %
Září	56,97 %	55 %
Říjen	58,52 %	55 %
Listopad	58,09 %	55 %
Prosinec	56,52 %	55 %
Průměr	52,63 %	55 %



Graf 2 GEFF a cílový GEFF pro rok 2013

4. Specifikace problému

4.1 Identifikace dlouhého materiálového toku mezi zařízeními

Hlavním problémem stávající výroby je dlouhá doba materiálového toku mezi jednotlivými zařízeními. Při výrobě jde materiál ve většině případů v kovových ohradových paletách (Příloha B) z jednoho pracoviště do skladu a poté k pracovišti druhému. Přemísťování se provádí za pomoci vysokozdvížného vozíku. Cílem je aplikování systému tahu na projektu X. Novým rozmístěním jednotlivých zařízení a odstraněním cest do skladu, zajistíme kontinuální materiálový tok a zvýšíme efektivitu práce. Rozborem stávajícího stavu jsem identifikoval tyto problémy:

- neefektivní rozmístění jednotlivých zařízení.

4.2 Implementace skluzů namísto kovových ohradových palet

V případě použití kovových ohradových palet se pracovníci musí ohýbat pro stabilizátory a tento pohyb není z hlediska ergonomie vyhovující. Navíc jsou stabilizátory v ohradové paletě náhodně uspořádané a díky různorodému tvaru se z ní obtížně vytahují. Implementováním skluzů (Příloha D) namísto ohradových palet se pracovníci nebudou muset ohýbat do kovových ohradových palet a stabilizátory budou za sebou postupně naskládány, což usnadní ruční manipulaci. Rozborem stávajícího stavu jsem identifikoval tyto problémy:

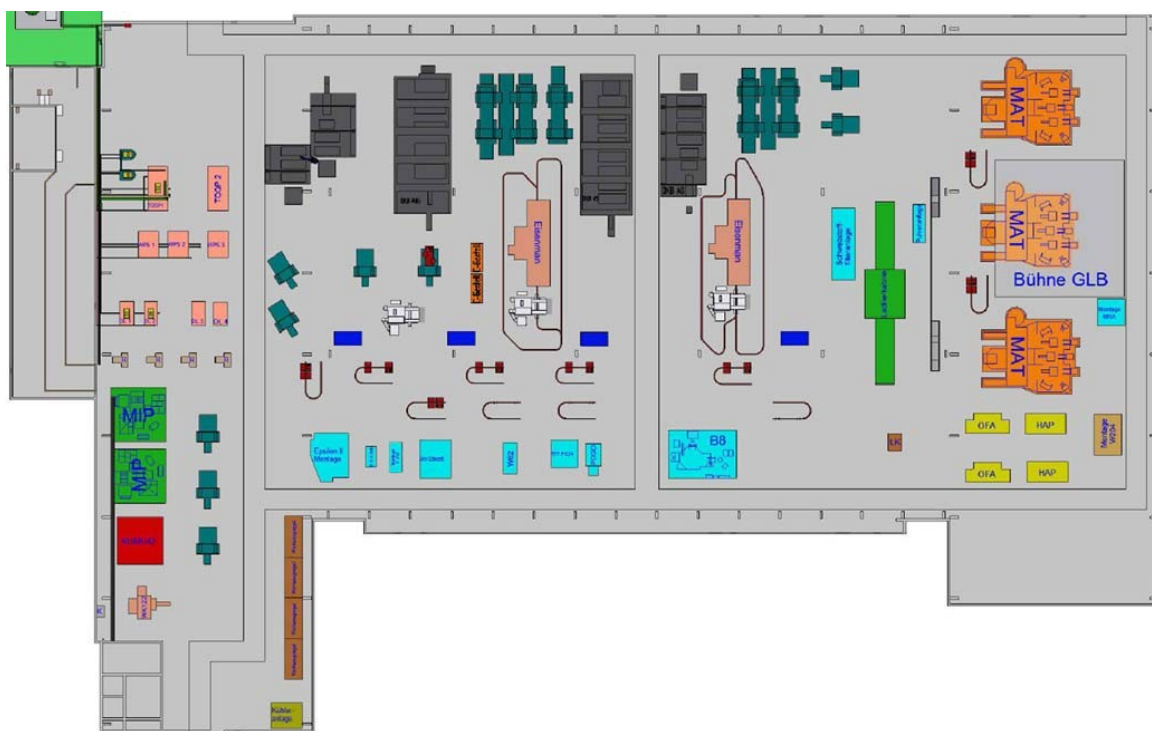
- nevyhovující pohyb při odebrání stabilizátorů z ohradové palety,
- chaotické uspořádání stabilizátorů v ohradové paletě,
- časové ztráty zapříčiněné chaotickým uspořádáním stabilizátorů a následným odebráním z ohradové palety.

5. Návrh řešení

Tato kapitola obsahuje navržené řešení, které by mělo zajistit kontinuální výrobní proces projektu X. Cílem je i optimalizování jednotlivých pracovišť. Optimalizace jako taková přispívá k lepší organizaci výroby, zvýšení efektivity práce, ale je důležitá i z hlediska ergonomie.

5.1 Nový layout

Vzhledem k nedostatečnému prostoru se některé projekty musely přemístit do jiné haly, a tudíž bylo nezbytné navrhnout nový layout haly (Obr. 20). Jednotlivé stroje jsem přemístil tak, aby na sebe co nejvíce navazovaly a materiálový tok mezi pracovišti byl co nejmenší. Podrobnější popis je uveden v technické zprávě. [19]



Obr. 20 Nový layout haly

5.2 Návrh řešení

Hlavním cílem tohoto řešení je sjednotit výrobní zařízení a tím i jednotlivé činnosti tak, aby na sebe pokud možno co nejvíce navazovaly. Nové rozmístění pracovišť projektu X je vyznačeno na obrázku (Obr. 21) a materiálový tok v příloze (Příloha I). Přesný popis pracovišť je uveden v technické zprávě. [19]



- | | |
|---------------|----------------|
| 1. Zařízení A | 5. Zařízení E |
| 2. Zařízení B | 6. Zařízení F |
| 3. Zařízení C | 7. Zařízení G |
| 4. Zařízení D | 8. Zařízení CH |

Obr. 21 Nové rozmístění pracovišť projektu X

5.2.1 Doba manipulace mezi zařízeními

Veškeré naměřené hodnoty jsou pořízeny ze zařízení Drigus (Příloha E). Bylo provedeno několik náměrů a z těchto náměrů se posléze vypočítaly průměrné hodnoty.

Budeme-li uvažovat, že se stabilizátory přemísťují v kovových ohradových paletách za pomoci motorového vysokozdvížného vozíku, tak náklady za tuto manipulaci budou za den celkově činit 1 089,92 Kč. Celková doba manipulace trvala 348 sekund. Po celodenním zmapování tohoto procesu jsem určil, že se tato manipulace denně uskuteční celkem přesně 10 krát.

5.2.2 Optimalizace rytmu jednotlivých zařízení

Pro dosažení kontinuální výroby nebylo nutné snížení rytmu u žádné z operací. Pokud by bylo nutné zpomalení některého zařízení, možnost by byla pouze u zařízení A, C, D.

5.2.3 Implementace skluzů namísto kovových ohradových palet

Při použití skluzů (Příloha D) se pracovníci nemusí ohýbat do ohradových palet a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem. V tom případě, kde byla možná implementace skluzů do výroby, jsem změřil ruční manipulaci se stabilizátory při použití skluzů a porovnal ji s manipulací při použití kovových ohradových palet. Při odebírání stabilizátorů z ohradové palety se musí každý pracovník ohýbat a tento pohyb je z hlediska ergonomie nežádoucí. Navíc jsou stabilizátory v ohradové paletě náhodně uspořádané a díky různorodému tvaru se z ní obtížně vytahují. Do kovové ohradové palety je možné vložit přibližně 150 stabilizátorů. Naopak v případě uspořádání stabilizátorů na skluzy, může pracovník bez větších obtíží odebírat jednotlivé kusy, protože jsou uspořádané přesně za sebou. Navíc se při této operaci nemusí ohýbat jako v případě použití ohradové palety. Skluzy jsou různě dlouhé: skluz 2,5 m (140 ks), skluz 2 m (112 ks) a skluz 1,5 m (84 ks).

V případě implementace skluzů by jejich předpokládané množství mělo činit 25 kusů. U každého zařízení – A, B, C, D, E by měli být minimálně tři skluzy, což je dohromady 15 skluzů. V případě neočekávané potřeby, bude k dispozici dalších 10 skluzů. U zbývajících zařízení tedy u nalisování kroužků, lakovny a montáže jsou použity stromečkové regály. Přesný popis pracovišť je uveden v technické zprávě. [19]

1. Zařízení A

U zařízení A se stabilizátory dávají přímo na skluzu nebo do kovových ohradových palet a jsou převáženy k dalšímu pracovišti. Časy při vkládání stabilizátorů do kovových ohradových palet nebo na skluzu jsou stejné.

2. Zařízení B

V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedeny naměřené operační časy. Provedl jsem celkem 20 náměrů pro každou z měřených operací. Hodnoty jsou rozděleny do tří sloupců. První sloupec představuje číslo měření dané operace. Ve druhém a třetím sloupci jsou uvedeny náměry časů ruční manipulace, kdy si pracovník bere zakalené stabilizátory z kovové ohradové palety nebo ze skluzu a dává je na speciální kalici závěs. Operační časy jsem zaokrouhlil na celé sekundy.

Tab. 3 Naměřené operační časy

Číslo měření	Z ohradové palety [s]	Ze skluzu [s]
1.	11	7
2.	10	8
3.	14	9
4.	12	9
5.	13	8
6.	12	7
7.	12	9
8.	14	8
9.	11	9
10.	13	9
11.	16	9
12.	12	8
13.	14	9
14.	13	9
15.	12	8
16.	12	9
17.	13	8
18.	15	10
19.	14	9
20.	17	8

Pro rozhodnutí, zda je naměřený počet operačních časů dostatečný slouží statické vyhodnocení, a to konkrétně chyba průměru e_v , která by neměla být vyšší než 2 %. Statické vyhodnocení slouží také pro určení průměrné doby trvání dané operace a dalších statistických ukazatelů, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

Tab. 4 Statické ukazatele operačních časů

Operace	MAX [s]	MIN [s]	\bar{x} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
Z ohradové palety	17	10	13	20	1,716	1,7	13,2	0,70
Ze skluzu	10	7	8,5	20	0,760	1,428	8,95	0,47

Výpočtem se ověřilo, že počet měření o rozsahu 20-ti náměrů je dostatečný a lze jej považovat za použitelný vzorek.

Tab. 5 Shrnutí a úspora ruční manipulace

Rozdíl ruční manipulace	4,5 s
Rytmus (při 95 % GEFFU)	200 ks/hod
Počet hodin za den	22 hodin
Počet kusů za den	4400 ks/den
Denní úspora	5 hodin 30 minut
Procentuelní denní úspora	34,62 %

Při použití skluzů se pracovníci nemusí ohýbat do kovové ohradové palety a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem o 34,62 % (Tab. 5). Denní úspora činní 5 hodin 30 minut. Při tomto ušetřeném času by se pracovník mohl věnovat dalším činnostem okolo zařízení.

Výpočty

$$\text{Rozdíl ruční manipulace} = \bar{X}_{\text{ohradová paleta}} - \bar{X}_{\text{skluz}} = 13 - 8,5 = 4,5 \text{ s} \quad (1)$$

$$\text{Počet kusů za den} = \text{počet kusů za hodinu} \cdot \text{počet hodin za den} = 200 \cdot 22 = 4400 \text{ ks/den} \quad (2)$$

$$\text{Denní úspora} = \left(1 - \frac{\bar{X}_{\text{skluz}}}{\bar{X}_{\text{ohradová paleta}}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{8,5}{13}\right) \cdot 100 = 34,62 \% \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Denní úspora} &= \text{rozdíl ruční manipulace} \cdot \text{počet kusů za den} = 4,5 \cdot 4400 = 19800 \text{ s} \\ &\Rightarrow 5 \text{ hodin } 30 \text{ minut} \end{aligned} \quad (4)$$

Výpočty

Výpočty statistických ukazatelů pro ruční manipulaci pro pracoviště kalení. Výsledky jsou přehledně uvedeny v Tab. 4.

Průměrná hodnota časové řady

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} = \frac{11 + 10 + 14 + 12 + 13 + \dots + 12 + 13 + 15 + 14 + 17}{20} = 13 \text{ s} \quad (5)$$

Směrodatná odchylka

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(11 - 13)^2 + (10 - 13)^2 + \dots + (14 - 13)^2 + (17 - 13)^2}{20 - 1}} \\ &= 1,716 \text{ s} \end{aligned} \quad (6)$$

Koeficient časové řady

$$K_r = \frac{X_{\max}}{X_{\min}} = \frac{17}{10} = 1,7 \quad (7)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{1,716}{13} = 13,2 \% \quad (8)$$

Výběrová chyba průměru

$$e_v = \frac{v}{n-1} = \frac{0,132}{20-1} = 0,70 \% \quad (9)$$

Výpočty statistických ukazatelů pro ruční manipulaci pro pracoviště rovnání. Výsledky jsou přehledně uvedeny v Tab. 4.

Průměrná hodnota časové řady

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} = \frac{7 + 8 + 9 + 9 + 8 + \dots + 9 + 8 + 10 + 9 + 8}{20} = 8,5 \text{ s} \quad (10)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(7-8,5)^2 + (8-8,5)^2 + \dots + (9-8,5)^2 + (8-8,5)^2}{20-1}} \\ = 0,760 \text{ s} \quad (11)$$

Koeficient časové řady

$$K_r = \frac{X_{max}}{X_{min}} = \frac{10}{7} = 1,428 \quad (12)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{0,760}{8,5} = 8,95 \% \quad (13)$$

Výběrová chyba průměru

$$e_v = \frac{v}{n-1} = \frac{0,0895}{20-1} = 0,47 \% \quad (14)$$

3. Zařízení C

V následující tabulce (Tab. 6) jsou uvedeny naměřené operační časy. Provedl jsem celkem 20 náměrů pro každou z měřených operací. Hodnoty jsou rozděleny do čtyř sloupců. První a třetí sloupec představuje číslo měření dané operace. V druhém a čtvrtém sloupci jsou uvedeny náměry časů ruční manipulace, kdy si pracovník bere zakalené stabilizátory z kovové ohradové palety nebo ze skluzu k rovnání. Operační časy jsem zaokrouhlil na celé sekundy.

Tab. 6 Naměřené operační časy

Číslo měření	Z ohradové palety [s]	Ze skluzu [s]
1.	8	3
2.	9	4
3.	7	4
4.	7	5
5.	8	4
6.	8	4
7.	8	4
8.	8	4
9.	9	5
10.	7	4
11.	8	4
12.	7	3
13.	8	4
14.	8	5
15.	7	4
16.	8	4
17.	7	4
18.	8	4
19.	7	5
20.	8	3

Pro rozhodnutí, zda je naměřený počet operačních časů dostatečný slouží statické vyhodnocení a to konkrétně chyba průměru e_v , která by neměla být vyšší než 2 %. Statické vyhodnocení slouží také pro určení průměrné doby trvání dané operace a dalších statistických ukazatelů, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7).

Tab. 7 Statické ukazatele operačních časů

Operace	MAX [s]	MIN [s]	\bar{x} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
Z ohradové palety	9	7	7,75	20	0,638	1,285	8,23	0,43
Ze skluzu	5	3	4,05	20	0,604	1,666	14,9	0,79

Výpočtem se ověřilo, že počet měření o rozsahu 20-ti náměrů je dostatečný a lze jej považovat za použitelný vzorek. Výpočty dle vzorců 1-14.

Při použití skluzů se pracovníci nemusí ohýbat do kovové ohradové palety a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem o 47,74 % (Tab. 8). Denní úspora činní 2 hodiny 15 minut. Pracovník bude mít více času na práci okolo zařízení. Hotové stabilizátory se umístí na skluzu a jdou na další operaci.

Tab. 8 Shrnutí a úspora ruční manipulace

Rozdíl ruční manipulace	3,7 s
Rytmus	100 ks/hod
Počet hodin za den	22 hodin
Počet kusů za den	2200 ks/den
Denní úspora	2 hodin 15 minut
Procentuelní denní úspora	47,74 %

4. Zařízení D

V následující tabulce (Tab. 9) jsou uvedeny naměřené operační časy. Provedl jsem celkem 20 náměrů pro každou z měřených operací. Hodnoty jsou rozděleny do čtyř sloupců. První a třetí sloupec představuje číslo měření dané operace. V druhém a čtvrtém sloupci jsou uvedeny náměry časů ruční manipulace, kdy si pracovník bere stabilizátory z kovové ohradové palety nebo ze skluzu a dává je do zásobníku. Operační časy jsem zaokrouhlil na celé sekundy.

Tab. 9 Naměřené operační časy

Číslo měření	Z ohradové palety [s]	Ze skluzu [s]
1.	8	4
2.	7	3
3.	7	4
4.	6	4
5.	8	5
6.	7	3
7.	8	4
8.	7	3
9.	7	4
10.	6	5
11.	7	4
12.	8	5
13.	6	4
14.	7	3
15.	9	4
16.	8	4
17.	7	3
18.	8	4
19.	7	4
20.	8	4

Pro rozhodnutí, zda je naměřený počet operačních časů dostatečný slouží statické vyhodnocení a to konkrétně chyba průměru e_v , která by neměla být vyšší než 2 %. Statické vyhodnocení slouží také pro určení průměrné doby trvání dané operace a dalších statistických ukazatelů, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 10).

Tab. 10 Statické ukazatele operačních časů

Operace	MAX [s]	MIN [s]	\bar{x} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
Z ohradové palety	9	7	7,3	20	0,801	1,285	10,97	0,58
Ze skluzu	5	3	3,9	20	0,640	1,666	16,42	0,86

Výpočtem se ověřilo, že počet měření o rozsahu 20-ti náměrů je dostatečný a lze jej považovat za použitelný vzorek. Výpočty dle vzorců 1-14.

Při použití skluzů se pracovníci nemusí ohýbat do kovové ohradové palety a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem o 46,58 % (Tab. 11). Denní úspora činní 1 hodinu 57 minut. Při tomto ušetřeném čase by se mohl pracovník věnovat činností okolo zařízení nebo by mohl vypomáhat u jiného zařízení.

Tab. 11 Shrnutí a úspora ruční manipulace

Rozdíl ruční manipulace	3,4 s
Rytmus (při GEFFU 52,63 %)	94 ks/hod
Počet hodin za den	22 hodin
Počet kusů za den	2068 ks/den
Denní úspora	1 hodín 57 minut
Procentuelní denní úspora	46,58 %

5. Zařízení E

V následující tabulce (Tab. 12) jsou uvedeny naměřené operační časy. Provedl jsem celkem 20 náměrů pro každou z měřených operací. Hodnoty jsou rozděleny do čtyř sloupců. První a třetí sloupec představuje číslo měření dané operace. V druhém a čtvrtém sloupci jsou uvedeny náměry časů ruční manipulace, kdy si pracovník bere stabilizátory z kovové ohradové palety nebo ze skluzu a navěšuje je na speciální tryskací závěsy. Operační časy jsem zaokrouhlil na celé sekundy.

Tab. 12 Naměřené operační časy

Číslo měření	Z ohradové palety [s]	Ze skluzu [s]
1.	11	5
2.	14	7
3.	13	6
4.	12	5
5.	13	6
6.	14	6
7.	12	7
8.	12	5
9.	11	6
10.	14	6
11.	15	5
12.	12	6
13.	14	7
14.	13	6
15.	10	6
16.	12	7
17.	14	6
18.	13	6
19.	11	5
20.	12	6

Pro rozhodnutí, zda je naměřený počet operačních časů dostatečný slouží statické vyhodnocení a to konkrétně chyba průměru e_v , která by neměla být vyšší než 2 %. Statické vyhodnocení slouží také pro určení průměrné doby trvání dané operace a dalších statistických ukazatelů, které jsou uvedeny v tabulce (Tab. 13).

Tab. 13 Statické ukazatele operačních časů

Operace	MAX [s]	MIN [s]	\bar{x} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
Z ohradové palety	15	10	12,6	20	1,313	1,5	10,42	0,55
Ze skluzu	7	5	5,95	20	0,686	1,4	11,53	0,61

Výpočtem se ověřilo, že počet měření o rozsahu 20-ti náměrů je dostatečný a lze jej považovat za použitelný vzorek. Výpočty dle vzorců 1-14.

Při použití skluzů se pracovníci nemusí ohýbat do kovové ohradové palety a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem o 52,77 % (Tab. 14). Denní úspora činní 8 hodin 5 minut. Při tomto ušetřeném čase by se mohl pracovník věnovat činností okolo zařízení nebo by mohl vypomáhat u jiného zařízení.

Tab. 14 Shrnutí a úspora ruční manipulace

Rozdíl ruční manipulace	6,65 s
Rytmus (při GEFFU 95 %)	199 ks/hod
Počet hodin za den	22 hodin
Počet kusů za den	4378 ks/den
Denní úspora	8 hodin 5 minut
Procentuelní denní úspora	52,77 %

6. Zařízení F

U této operace není možná úspora, protože zůstal zachován stávající stav. Stabilizátory jsou uloženy na stromečkové regály a poté se přemísťují k další operaci.

7. Zařízení G

U této operace není možná úspora, protože zůstal zachován stávající stav. Stabilizátory jsou uloženy na stromečkové regály a poté se přemísťují k další operaci.

8. Zařízení H

U této operace není možná úspora, protože zůstal zachován stávající stav. Stabilizátory jsou uloženy na stromečkové regály a poté se přemísťují k další operaci.

6. Zhodnocení navrženého řešení

6.1 Nový layout

Navržením nového layoutu (Příloha H) se na hale vytvořilo dostatek místa a manipulace okolo jednotlivých strojů by měla být podstatně snadnější. Tímto by se mělo předejít zbytečné manipulaci a nedostatku místa. Pro zajištění plynulé výroby bylo nutné některá zařízení přemístit na jiná místa ve výrobní hale (Obr. 21). Ostatní zařízení jsem přemístil do haly druhé. U projektu X se přemístěním některých zařízení a úplným odstraněním skladování materiálu docílilo kontinuálního materiálového toku mezi zařízeními (Příloha I).

6.2 Doba manipulace mezi zařízeními

Výsledný čas manipulace mezi zařízeními u současného stavu je 895,20 s a u navrženého řešení 348 s. Rozdíl těchto časů činí 547,2 s. Při 10 manipulacích za den je úspora 5472 s tedy 91 minut. Za rok (320 pracovních dní) 29184 minut tedy 486,4 hodin. V tabulce (Tab. 15) jsou uvedeny délky trvání materiálového toku současného stavu, navrženého řešení a jejich rozdíl.

Tab. 15 Trvání materiálového toku mezi zařízeními současného stavu a navrženého řešení

Současný stav	Navržené řešení	Rozdíl
895,20 s	348 s	547,2 s

Náklady na manipulaci za jeden den u současného stavu jsou 2 803,72 Kč a u navrženého řešení 1 089,917 Kč. Rozdíl činí 1 713,80 Kč. Roční úspora za manipulaci je celkem 548 416,00 Kč. V tabulce (Tab. 16) jsou uvedeny úspory při současném stavu a navrženém řešení za jeden den.

Tab. 16 Náklady spojené s manipulací při současném stavu a navrženém řešení

Současný stav	Navržené řešení	Rozdíl
2 803,72 Kč	1 089,917 Kč	1 713,80 Kč

Přínosy navrženého řešení

- nový layout,
- dostatek prostoru pro manipulaci okolo strojů,
- zkrácení materiálového toku z původních 895,20 s na 348 s,
- úplné odstranění skladování,
- implementace skluzů namísto kovových ohradových palet.

Problémy spojené s tímto návrhem

- náklady spojené s nákupem skluzů,
- náklady na přemístění zařízení.

6.3 Optimalizace rytmu

Nebylo nutné optimalizovat rytmus u žádného ze zařízení. Pokud by bylo nutné zpomalení některého z nich, možnost by byla pouze u zařízení A, C a D. Kapacity jednotlivých z pracovišť jsou dostačující.

V případě, že by bylo zpomalení u zařízení A nezbytné, a to na stejnou hodnotu jako u kalení, tak by se jednalo o zpomalení na 275 ks/hod. Při GEFFU 72,73% by rytmus činil 200 ks/hod.

6.4 Implementace skluzů

Při použití skluzů (Příloha D) se pracovníci nemusí ohýbat do kovových ohradových palet a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem. V tom případě, kdy byla možná implementace skluzů do výroby, jsem změřil ruční manipulaci se stabilizátory při použití ohradových palet a porovnal ji s manipulací při použití skluzů. Při odebírání stabilizátorů z ohradové palety se musí pracovník ohýbat do ohradové palety a tento pohyb je z hlediska ergonomie nežádoucí. Navíc jsou stabilizátory v ohradové paletě náhodně uspořádané a díky jeho tvaru se obtížně vytahují. Naopak v případě uspořádání stabilizátorů na skluzu může pracovník bez větších obtíží odebírat jednotlivé kusy a nemusí se při tom ohýbat jako v případě použití ohradové palety. Množství kusů uložených stabilizátorů v ohradové paletě (150 kusů) nebo na skluzu (140 kusů) je přibližně stejné. Tabulka (Tab. 27) udává procentuální a časovou úsporu při požití skluzů u zařízení B, C, D, E.

Tab. 17 Časová úspora při použití skluzů

Položky	Operace			
	Zařízení B	Zařízení C	Zařízení D	Zařízení E
Procentuelní úspora za den	34,62 %	47,74 %	46,58 %	52,77 %
Časová úspora [min/den]	330	135	117	485

Dohromady činí úspora 1067 minut, za rok 341440 minut, což je 5690 hodin.

U zařízení A není možná úspora, protože při vkládání stabilizátorů do ohradových palet nebo na skluzy není žádný časový rozdíl. U zařízení F, G, H není možná úspora, protože zůstal zachován stávající stav. Stabilizátory jsou uloženy na stromečkové regály a poté se přemístí k další operaci.

Náklady na přemístění zařízení

S přemístěním jednotlivých zařízení jsou spjaty i náklady na jejich přemístění a jejich následného uvedení do provozu. Jedná se o přemístění zařízení C, D a H. Zařízení C a H jde přemístit velkým vysokozdvížným vozíkem. Cena za přemístění jednoho zařízení se pohybuje okolo 9 000 Kč. Co se týče zařízení D, zde je zapotřebí velkého jeřábu a cena za přemístění by se pohybovala okolo 30 000 Kč. Přesné částky nelze bohužel vyčíslit, protože při přemísťování nebo při uvedení do opětovného provozu nastávají neočekávané vlivy, které mohou ovlivnit výslednou částku.

Doba návratnosti investice

Náklady vynaložené na pořízení potřebného vybavení, tedy na pořízení 25 skluzů jsou uvedeny v tabulce (Tab. 18). Cena za jeden skluz činí 4 110 Kč. Náklady vynaložené na přemístění zařízení C, CH a následného uvedení do provozu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 19). Celková cena činí 18 000 Kč. Náklady vynaložené na přemístění zařízení D a následného uvedení do provozu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 19). Celková cena činí 30 000 Kč. Ostatní údaje jsou převzaty z interních podkladů společnosti.

Tab. 18 Potřebný majetek pro realizaci navrženého řešení

Položka	Pořizovací cena	Počet kusů
Skluz 2,5 m	102 750,00 Kč	25

Tab. 19 Náklady na přemístění zařízení

Položka	Náklady na přemístění a uvedení do provozu
Zařízení C	9 000 Kč
Zařízení CH	9 000 Kč
Zařízení D	30 000 Kč

Úspora hodin za rok	486,4 hod./rok
Hodinová sazba manipulace	1 127,50 Kč
Roční úspora	548 416,00 Kč
Návratnost investice	0,28 roku

Doba návratnosti investice:

$$Doba\ návratnosti = \frac{vynaložené\ náklady}{roční\ úspora} = \frac{150750}{548416/365} = 101dnů \quad (15)$$

Doba, za kterou budou peníze vynaložené do pořízení nového majetku, přemístění a opětovného zapojení jednotlivých zařízení pro realizaci navrženého řešení navraceny je 101 dnů. Co se týče plechových ohradových palet, případně stromečkových regálů nebo vysokozdvizných vozíků, tak množství jednotlivého vybavení je na hale zcela dostačující.

7. Závěr

Cílem práce bylo zmapovat materiálový tok mezi jednotlivými zařízeními u projektu X a navrhnout nové řešení, které přispěje k výrazné úspoře času, odstranění skladování materiálu a zajištění kontinuálního materiálového toku. Jednou z částí byla i optimalizace procesu, spočívající v implementaci skluzů místo kovových ohradových palet.

V úvodu vzhledem k nedostatečnému prostoru ve výrobní hale byla nutná změna layoutu haly. Jednotlivá zařízení jsem přemístil tak, aby na sebe co nejvíce navazovaly a okolo každého bylo dostatek prostoru na případnou manipulaci. Doba manipulace mezi zařízeními byla u současného stavu 895,2 s a u navrženého řešení 348 s. Rozdíl mezi těmito hodnotami odpovídá 547,2 s. Denně se tato manipulace uskuteční celkem desetkrát a denní úspora je 5472 s, tedy 91 minut. Náklady spojené s touto manipulací byly u současného stavu za jeden pracovní den 2 803,72 Kč a u navrženého řešení 1 089,917 Kč. Rozdíl odpovídá 1 713,80 Kč.

V další části jsem provedl implementaci skluzů namísto kovových ohradových palet. Při použití skluzů se pracovníci nemusí ohýbat do kovových ohradových palet a tímto se zrychlí ruční manipulace s materiálem. V tom případě, kdy byla možná implementace skluzů do výroby, jsem změřil ruční manipulaci se stabilizátory při použití kovových ohradových palet a porovnal ji s manipulací při použití skluzů. Při odebrání stabilizátorů z ohradové palety se musí pracovník ohýbat do ohradové palety a tento pohyb je z hlediska ergonomie nežádoucí. Navíc jsou stabilizátory v ohradové paletě náhodně uspořádané a díky jeho tvaru se obtížně vytahují. Naopak v případě uspořádání stabilizátorů na skluzy může pracovník bez větších obtíží odebrat jednotlivé kusy a nemusí se při tom ohýbat jako v případě použití ohradové palety. Časová úspora při použití skluzů byla v případě zařízení B za jeden den 330 minut, zařízení C 135 minut, zařízení D 117 minut a zařízení E 485 minut. U zařízení A není možná úspora, protože při vkládání stabilizátorů do kovových ohradových palet nebo na skluzy není žádný časový rozdíl. U zařízení F, G, H není možná úspora, protože zůstal zachován stávající stav.

V poslední části jsem určil náklady spojené s přemístěním zařízení a nákupem nového vybavení. Náklady vynaložené na pořízení 25 skluzů byly celkem 102 750 Kč a náklady na přemístění a opětovného zprovoznění zařízení C, CH a D byly 48 000 Kč. Doba návratnosti investice odpovídá 101 dnům.

8. Seznam použité literatury

- [1] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [2] LIKER, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management Press, 2007. 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [3] LeanEnterprise Institute. LeanEnterprise Institute [online]. Cambridge: LeanEnterprise Institute, Inc., [vid. 2010-6-10]. Dostupné z WWW: <http://www.lean.org/>.
- [4] LIKER, J. Neviditelní prvky výrobního systému Toyota. Průmyslové inženýrství. 2009, roč. 1, čís. 1, s. 16-19. ISSN 1803-7593.
- [5] ROTHER, M., SHOOK, J. Learning to See. Brookline: LeanEnterpriseInstitute, 1999. ISBN 0-9667843-0-8.
- [6] KYSEL', M., VIŠŇANSKÝ, M. Štíhla výroba – Štíhle dielenské riadenie – finálny krok štíhlej výroby. Úspech. 2007, čís. 3, s. 6-12. Dostupný také z WWW: <<http://www.ipaslovakia.sk/>>. Bez ISSN.
- [7] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/67819.stihla-vyroba/>>
- [8] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/68341.tahove-systemy-rizeni/>>
- [9] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://e-api.cz/upload.cs/a/abe40894-s-1-01_tlak.jpg>
- [10] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://e-api.cz/upload.cs/b/b0f40894-s-2-02_tah.jpg>
- [11] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/68401.optimalizace-pracoviste/>>
- [12] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/upload.cs/c/c7cb1894-s-1-optimalizace1.jpg>>
- [13] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/upload.cs/d/d9cb1894-b-2-optimalizace2.jpg>>
- [14] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/68402.o-ptimalizace-linky/>>
- [15] API - Akademe produktivity a inovací, s.r.o. [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/upload.cs/b/be7c1894-s-1-2-3-10-optimalizace-linky1.jpg>>

- [16] *BMW Group Česká republika* [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cz/cs/newvehicles/mseries/m3coupe/2004/allfacts/_shared/img/engine_lightweight.jpg>
- [17] *Wikipedia - The Free Encyclopedia* [online]. [vid. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3c/Stabilisator_%28Porsche%29.jpg/800px-Stabilisator_%28Porsche%29.jpg>
- [18] Interní podklady společnosti Mubea s.r.o.
- [19] CHODURA, David. Technická zpráva. Ostrava, 2014. Vedoucí práce Ing. Vladimíra Schindlerová.

9. Seznam obrázků, tabulek a grafů

9.1 Obrázky

Obr. 1 Principy štíhlosti [3].....	10
Obr. 2 Zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem a eliminace plýtvání.....	11
Obr. 3 Ukázka mapy současného stavu [6].....	12
Obr. 4 Celková efektivnost zařízení jakou součást vizuálního řízení.....	13
Obr. 5 Tlakový systém řízení výroby [9].....	13
Obr. 6 Tahový systém řízení výroby [10].....	14
Obr. 7 Schéma pracoviště před optimalizací [12].....	15
Obr. 8 Schéma pracoviště po optimalizaci [13].....	15
Obr. 9 Fáze optimalizace linky [15].....	16
Obr. 10 Světové zastoupení společnosti Mubea s.r.o. [18].....	17
Obr. 11 Portfolio výrobků společnosti Mubea s.r.o. [18].....	18
Obr. 12 Významní zákazníci [18].....	18
Obr. 13 Jednotlivé prvky stabilizátoru [18].....	20
Obr. 14 Přední náprava BMW M3 Coupe [16].....	20
Obr. 15 Namontovaný stabilizátor [17].....	21
Obr. 16 Různé provedení stabilizátorů [18].....	22
Obr. 17 Řez trubkovým stabilizátorem [18].....	22
Obr. 18 Layout výrobního areálu podniku.....	23
Obr. 19 Současné umístění pracovišť projektu X ve výrobní hale.....	24
Obr. 20 Nový layout haly.....	29
Obr. 21 Nové rozmístění pracovišť projektu X.....	30

9.2 Tabulky

Tab. 1 GEFF za rok 2013.....	26
Tab. 2 GEFF za rok 2013.....	27
Tab. 5 Naměřené operační časy.....	32
Tab. 6 Statické ukazatele operačních časů.....	33
Tab. 7 Shrnutí a úspora ruční manipulace.....	33
Tab. 8 Naměřené operační časy.....	36
Tab. 12 Statické ukazatele operačních časů.....	37
Tab. 13 Shrnutí a úspora ruční manipulace.....	37

Tab. 14 Naměřené operační časy.....	38
Tab. 15 Statické ukazatele operačních časů.....	39
Tab. 16 Shrnutí a úspora ruční manipulace.....	39
Tab. 17 Naměřené operační časy.....	40
Tab. 18 Statické ukazatele operačních časů.....	41
Tab. 19 Shrnutí a úspora ruční manipulace.....	41
Tab. 20 Trvání materiálového toku mezi zařízeními současného stavu a navrženého řešení.....	42
Tab. 21 Náklady spojené s manipulací při současném stavu a navrženém řešení.....	42
Tab. 22 Časová úspora při použití skluzů.....	44
Tab. 23 Potřebný majetek pro realizaci navrženého řešení.....	45
Tab. 24 Náklady na přemístění zařízení.....	45

9.3 Grafy

Graf 1 GEFF a cílový GEFF pro rok 2013	26
Graf 2 GEFF a cílový GEFF pro rok 2013	27

10. Seznam příloh

Příloha A	Některé výrobky společnosti Mubea s.r.o.
Příloha B	Velká univerzální kovová ohradová paleta
Příloha C	Stromečkový regál
Příloha D	Skluz
Příloha E	Drigus
Příloha F	Vysokozdvížený vozík
Příloha G	Současný layout výrobní haly
Příloha H	Nový layout výrobní haly
Příloha CH	Současný materiálový tok mezi zařízeními
Příloha I	Materiálový tok navrženého řešení mezi zařízeními

Příloha A - Některé výrobky společnosti Mubea s.r.o.



Příloha B - Velká univerzální kovová ohradová paleta



Ohradová paleta, kovová, 1200 x 800 mm, 4 plné bočnice, barva modrá RAL5010. Robustní svařovaná ocelová konstrukce, po celém obvodu vyztužená vruby. Tloušťka plechu obvodových stěn 1,5 mm, plech použitý na podlahu má tloušťku 2 mm. Rohové sloupky s jeřábovými oky. Převážníky jsou využitelné jako ohradové palety pro skladování i dopravu. Lze je stohovat, celková stohovací nosnost 3000 kg.

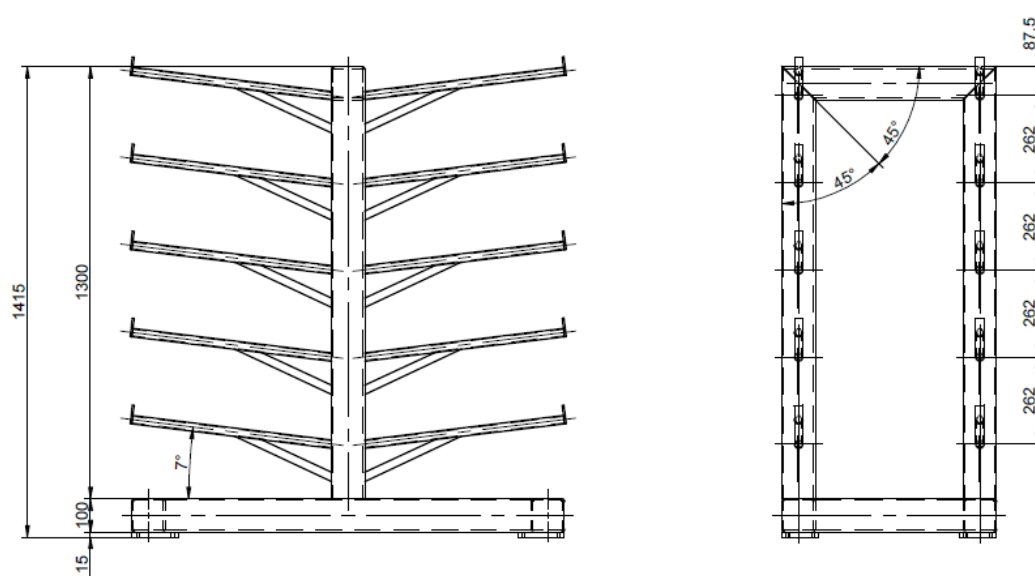
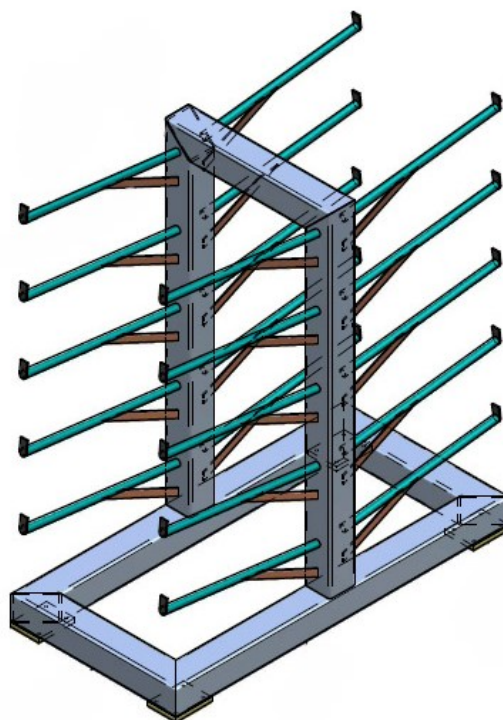
Provedení: čtyři plné bočnice

Technické parametry

Rozměr:	1200 x 800 x 600 mm
Váha:	64 kg
Nosnost:	1500 kg
Stohovatelnost:	16500 kg

Cena: 3 666 Kč

Příloha C - Stromečkový regál



Cena: 6 100 Kč

Příloha D - Skluz

Délka skluzu	2,5 m	2 m	1,5 m
Kapacita skluzu	140 ks	112 ks	84 ks



Cena:

Délka skluzu	2,5 m	2 m	1,5 m
Cena	4 110 Kč	3 699 Kč	3 288 Kč

Příloha E - Drigus



Technické údaje

Rozměry	367 mm x 378 mm x 23 mm
Zobrazit	TFT barevný LCD displej s LED podsvícením a dotykovým displejem
Paměť	64 MB RAM (až 8 GB flash)
Provozní doba	až 30 hodin
Doba nabíjení	3 hodin
Rozhraní	2 x USB (Host, Device), Ethernet 10/100 MBit
Klávesnice	obousměrná fóliová klávesnice pro časové studie a činnost vzorkování
Software	Windows Embedded CE 6.0
Zabezpečení	trvalé zálohování dat, obnova funkce, průběžné informace o zbývajících dobach chodu a automatické ukládání po zastavení provozu v průběhu studie
Prostředí	ochrana proti prachu, vlhkosti a elektrickým a magnetickým polím

Drigus je zařízení určené pro tvorbu časových studií a to například pro tvorbu snímku pracovního dne, momentového pozorování nebo chronometráže. Kromě konvenčního hodnocení podle systematiky REFA nabízí zařízení širokou škálu dalších funkcí. Výsledky měření jsou uvedeny v přehledném tiskovém výstupu s možností vložení loga firmy doplněné o barevné grafy, propočty a podobně. Výstupy jsou kompatibilní s jinými programy jako je Excel, což poskytuje vysokou flexibilitu.

Příloha F - Vysokozdvížený vozík



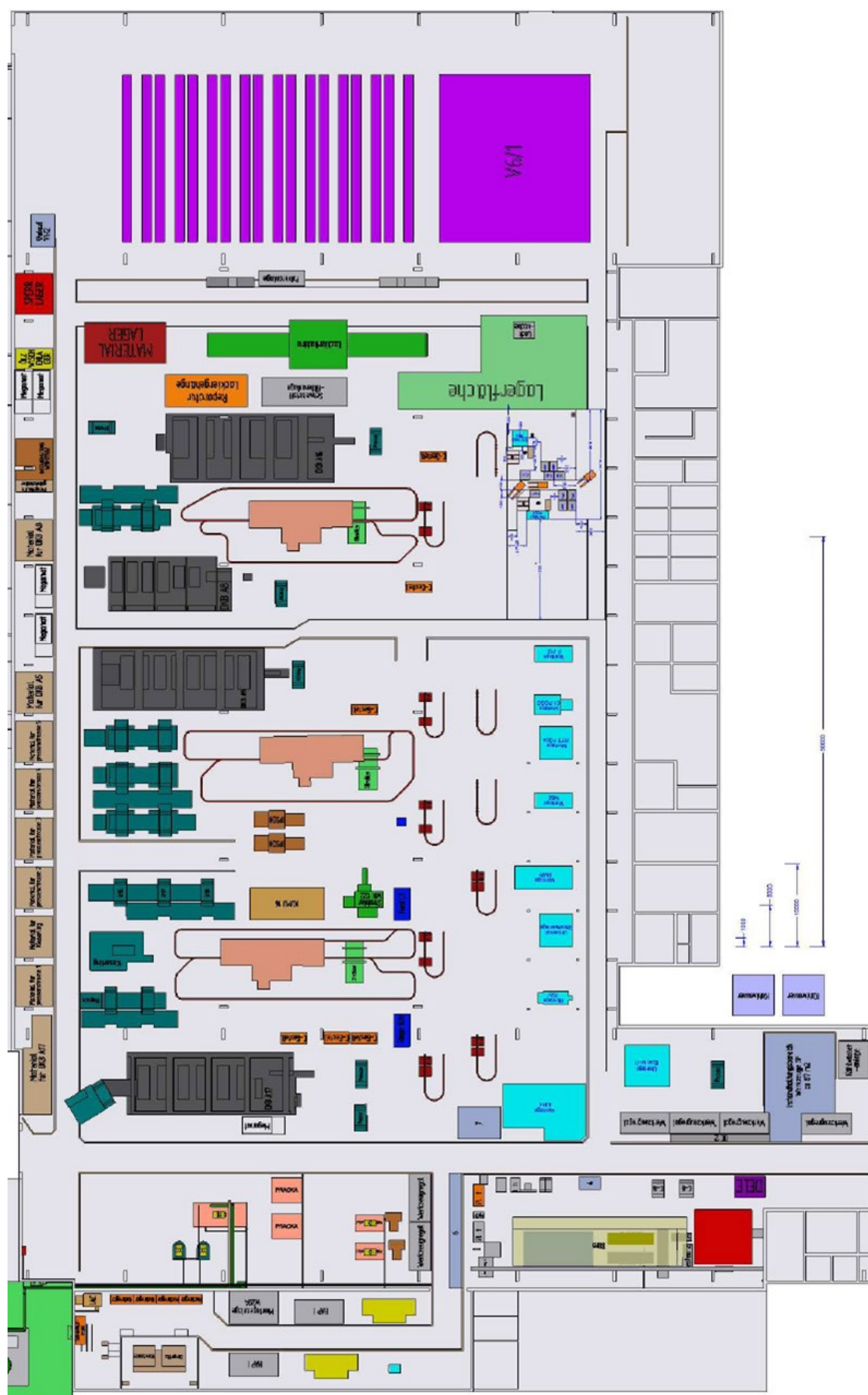
Ručně vedený vysokozdvížený vozík EXV/EGV s vysokou stálou hodnotou při minimálních nákladech. Přesně ten správný stroj pro všechny oblasti nasazení: ve službách, obchodě, řemeslné výrobě a průmyslu. Vozík EXV je k dispozici v nižší třídě nosností 1,0 t, popř. 1,2 t pro oblasti s malou, popř. střední překládkou palet. Pro vysokou překládku palet je ve vyšší třídě nosnosti k dispozici EGV s nosností 1,4 t a 1,6 t.

Technické parametry

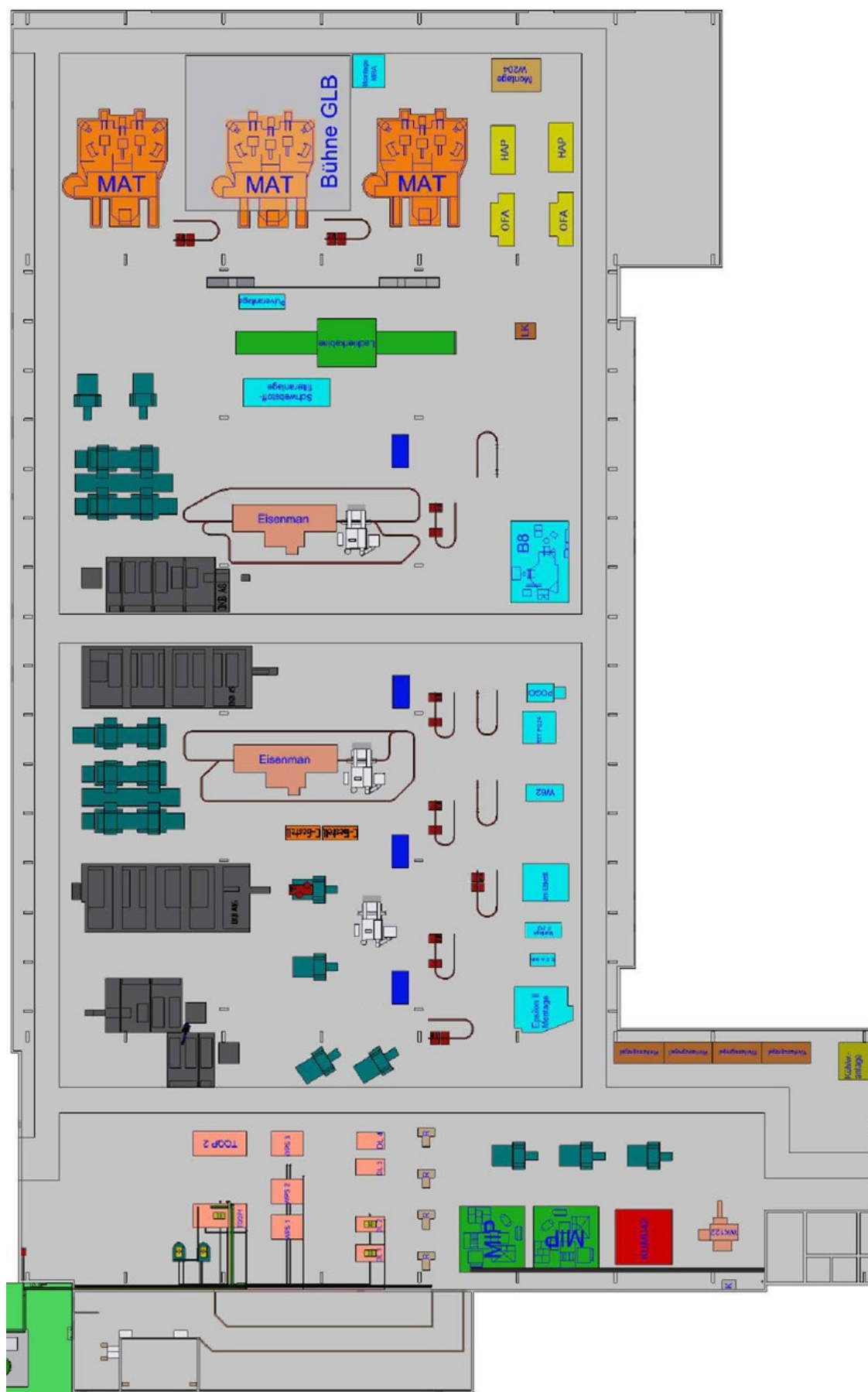
Nosnost	1400 kg
Rok výroby	2010
Provozní hodiny	650
Druh zvedacího stožáru	Jednoduchý
Stavební výška	2327 mm
Volný zdvih	140 mm
Jmenovitý zdvih	3580 mm
Délka vidlic	1150 mm
Obutí	POLYURETAN
Baterie	24V 375Ah

Cena: 110 000 Kč

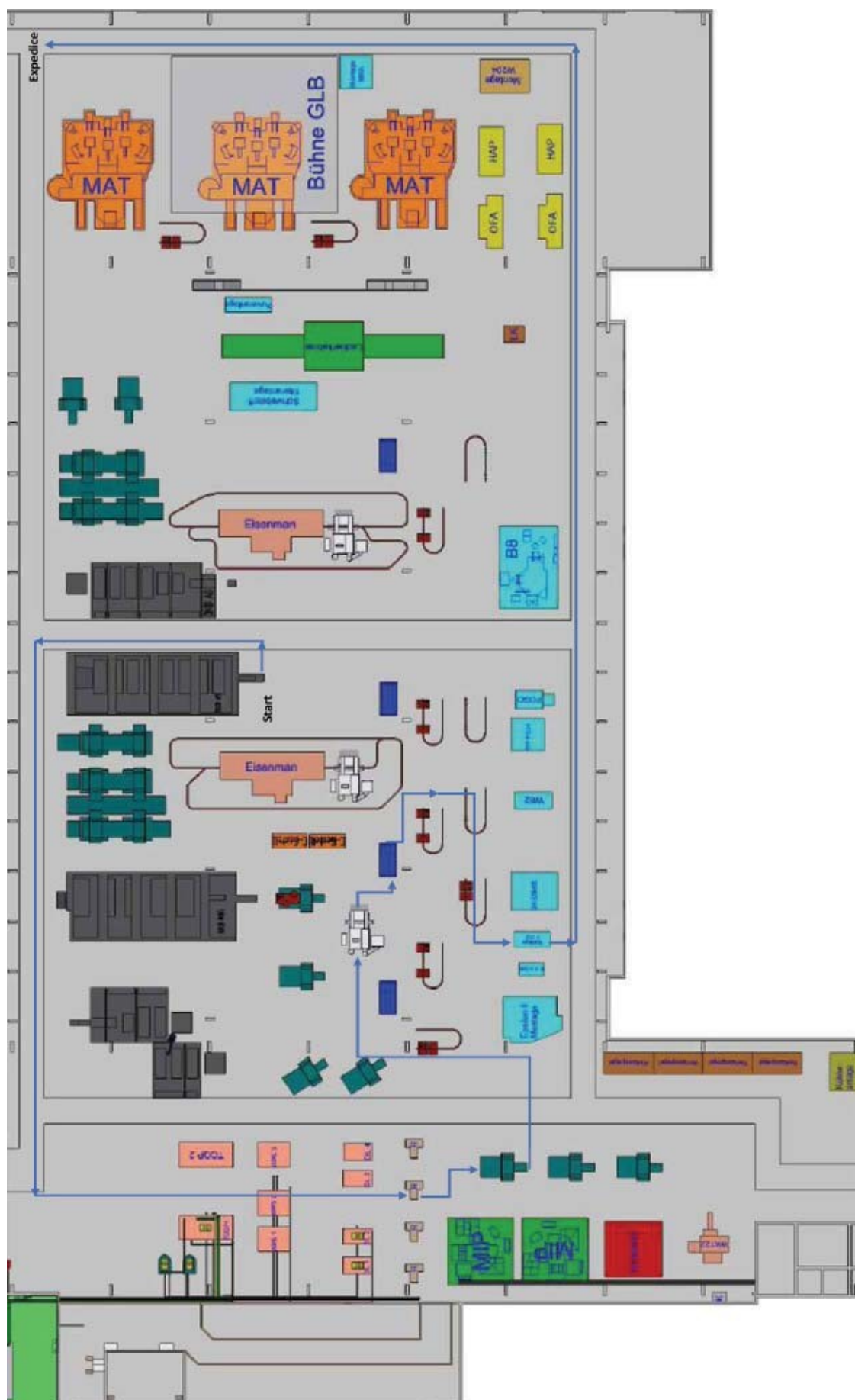
Příloha G – Současný layout výrobní haly



Příloha H – Nový layout výrobní haly



Příloha I - Materiálový tok navrženého řešení mezi zařízeními



Poděkování

Na samotný závěr této práce bych rád poděkoval Ing. Vladimíře Schindlerové za vedení, podporu a cenné rady při tvorbě mé diplomové práce. Rovněž děkuji panu Milanu Kovaříkovi, Ing. Aleši Horákovi a Ing. Pavlovi Černému za svůj volný čas, odborné rady a veškerou pomoc při řešení zadaného problému.